

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-073424

(43)Date of publication of application : 17.03.1998

(51)Int.Cl.

G01B 15/00**G01N 23/225****H01J 37/20****H01J 37/256****H01L 21/66****// G01N 21/88**

(21)Application number : 08-247161

(71)Applicant : NIKON CORP

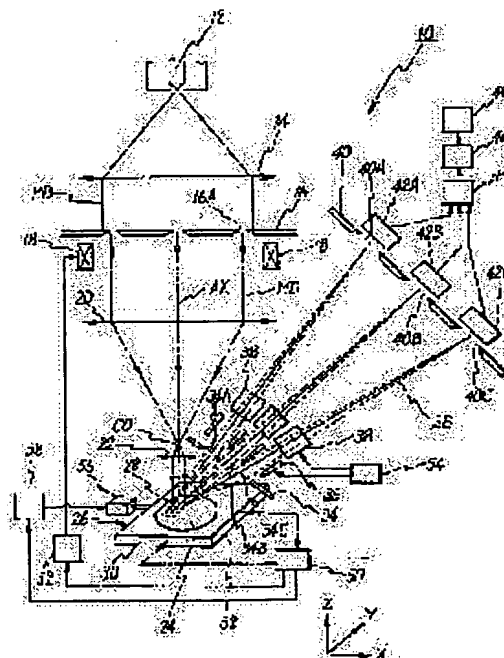
(22)Date of filing : 29.08.1996

(72)Inventor : NAKASUJI MAMORU

(54) DEFECT INSPECTION DEVICE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a defect inspection device which can detect the defect of a pattern formed on a sample with high accuracy at a high speed.

SOLUTION: When an electron beam emitted from an electron gun 12 is transformed into a beam parallel to the optical axis AX of a condenser lens 14 through the lens 14 and the beam is projected upon a mask 16, the beam is split into multiple beams MB through holes 16A. The multiple beams MB are projected upon a sample 24 after the beams MB are reduced in diameter while the beams MB are deflected by means of a deflector 18. Even when a sample stage 26 vibrator, the beams MB can be properly projected upon the position to be detected on the surface of the positionally deviated sample 24, because a primary electronic deflector control section 52 controls the deflector 18 in accordance with the position of the stage 26 detected by means of a position detecting section 50. The secondary electrons SB generated from the spot 28 of the sample 24 irradiated with the beams MB are detected by means of detectors 42A, 42B, and 42C through multiple lenses 34 and multiple opened plates 40 and the pattern on the sample 24 is inspected for defect.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

D 1

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-73424

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月17日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B	15/00		G 0 1 B 15/00	B
G 0 1 N	23/225		G 0 1 N 23/225	
H 0 1 J	37/20		H 0 1 J 37/20	D
	37/256		37/256	
H 0 1 L	21/66		H 0 1 L 21/66	J
審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 10 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-247161

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月29日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 中筋 護

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

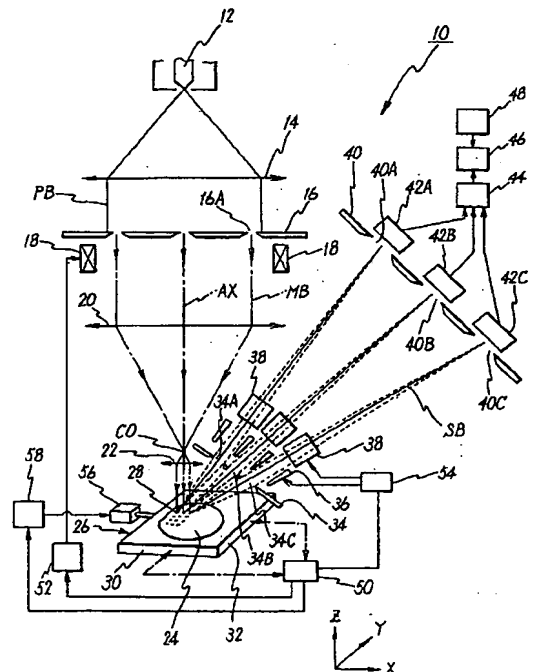
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 欠陥検査装置

(57) 【要約】

【課題】 試料に形成されたパターンの欠陥を高速かつ高精度に検査できるようにする。

【解決手段】 電子銃12から放出される電子線をコンデンサレンズ14で光軸AXに平行なビームに変換し、マスク16に照射することにより孔16Aを通過して複数のマルチビームMBが形成される。マルチビームMBは、偏向器18で偏向されつつ、電磁レンズ20、22で1/10に縮小されて試料24上に照射される。試料台26が振動しても、位置検出部50で検出した試料台26の位置に応じて1次電子偏向器制御部52で偏向器18を制御することにより、位置ずれした試料24の検査位置に正しくマルチビームMBを照射できる。試料24上の照射点28から発生する2次電子SBは、マルチレンズ34、マルチ開口板40を経て検出器42A、42B、42Cで検出され、試料24上のパターンの欠陥が検査される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パターンが形成された試料に荷電粒子線を照射する荷電粒子線光学系と、前記試料からの荷電粒子線を検出する荷電粒子線検出手段とを有し、前記パターンの欠陥を検査する欠陥検査装置であって、前記荷電粒子線を複数形成する荷電粒子線形成手段と；前記複数の荷電粒子線を走査させる荷電粒子線走査手段と；前記試料を載置する試料台と；前記試料台の位置を計測する位置計測手段と；前記位置計測手段の計測結果に基づいて、前記荷電粒子線走査手段を制御する第1の制御手段とを備えていることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項2】 前記試料の荷電粒子線の各照射点から発生した荷電粒子線を個別に収束させる複数の開口部が形成された荷電粒子線収束手段をさらに備えていることを特徴とする請求項1に記載の欠陥検査装置。

【請求項3】 前記荷電粒子線収束手段と前記荷電粒子線検出手段との間に、前記荷電粒子線収束手段の各開口部で収束された荷電粒子線毎に前記荷電粒子線検出手段に導く複数の開口部が形成された開口部材をさらに備え、前記開口部材の開口部の口径は、前記試料から発生した荷電粒子線が前記荷電粒子線収束手段により収束されて入射される線幅と、該荷電粒子線の振れ範囲とを考慮して荷電粒子線の通過可能な径とされていることを特徴とする請求項2に記載の欠陥検査装置。

【請求項4】 前記荷電粒子線収束手段と前記荷電粒子線検出手段との間に設けられ、前記荷電粒子線収束手段によって収束された各荷電粒子線を偏向させる偏向手段と；前記位置計測手段の計測結果に基づいて前記荷電粒子線検出手段の所定位置に前記荷電粒子線が入射されるように前記偏向手段を制御する第2の制御手段とをさらに備えていることを特徴とする請求項2又は3に記載の欠陥検査装置。

【請求項5】 前記試料台を一方向に連続移動させるとともに、これとほぼ直交する他方向に対してステップ移動させる移動手段をさらに備え、前記移動手段により前記試料台を移動させながら荷電粒子線を前記試料に照射して前記パターンの欠陥を検査することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項に記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、欠陥検査装置に係り、更に詳しくは、試料に荷電粒子線を照射して試料からの荷電粒子線を検出することにより試料の欠陥を検査する欠陥検査装置に関するものであって、特に、フォトマスクやレチクルあるいはウエハ（以下、これらを「試料」と称する）に形成された回路パターン等の欠陥を検査するのに好適な欠陥検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子等の製造工程においては、ウエハ上に回路パターン等を順次転写するためのマスク又はレチクルが多数使用されている。そして、例えばマスク自体の製造時には、そのマスクに形成されている転写用のパターンが設計データ通りに正確に形成されているかどうかを検査するため、そのパターンの欠陥の有無を検査する欠陥検査装置が使用されている。

【0003】また、この欠陥検査装置は、マスクやレチクルを使ってウエハ上に転写された回路パターンの欠陥の有無等も同様に検査するものである。

【0004】例えば、従来の欠陥検査装置としては、電子線等を収束させて1本のプローブを形成し、欠陥検査の対象である試料上のパターンに照射し、試料から発生する2次電子を検出器で検出して、その検出信号を処理することにより欠陥検査を行っていた。特に、試料上の一定領域（例えば、パターン領域）の欠陥を検査する場合は、上述した1本のプローブを偏向させて検査領域内を水平走査しながら順次垂直走査するラスタ走査を行い、その試料上の各照射点から発生する2次電子を検出器で検出する、いわゆる走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）の原理を用いて欠陥検査を行っていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の欠陥検査装置においては、電子線等を収束させた1本の電子ビームをプローブとして用いているため、例えば、0.1 μ m程度のパターンの欠陥を検出するには、試料に対してプローブを隙間無く走査させる必要があり、走査に長時間を要することから、欠陥検査のスループットが低下するという不都合があった。

【0006】そこで、プローブの走査時間を短縮するべく、プローブを高速走査させることも考えられるが、検出器で得られる試料からの2次電子信号のS/N比が小さくなり、誤検出が増加するおそれがあった。

【0007】また、欠陥検査中に試料が載置された試料台等の振動が発生した場合は、その試料上を走査するプローブの照射位置がずれたり、照射位置から発生した2次電子を検出器で確実に捉えられなくなって、欠陥検査の精度が低下するという不都合があった。

【0008】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし5に記載の発明の目的は、試料に形成されたパターンの欠陥を高速かつ高精度に検査することができる欠陥検査装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、パターンが形成された試料（24）に荷電粒子線を照射する荷電粒子線光学系（20、22）と、前記試料（24）からの荷電粒子線（SB）を検出する荷電粒子線検出手段（42A、42B、42C）とを有し、前記

パターンの欠陥を検査する欠陥検査装置であって、前記荷電粒子線を複数形成する荷電粒子線形成手段(12, 14, 16)と;前記複数の荷電粒子線(MB)を走査させる荷電粒子線走査手段(18)と;前記試料(24)を載置する試料台(26)と;前記試料台(26)の位置を計測する位置計測手段(50)と;前記位置計測手段(50)の計測結果に基づいて、前記荷電粒子線走査手段(18)を制御する第1の制御手段(52)とを備えていることを特徴とする。

【0010】これによれば、荷電粒子線形成手段により荷電粒子線が複数形成され、その複数の荷電粒子線が荷電粒子線光学系によりパターンが形成された試料上に照射され、この際、その荷電粒子線が走査手段で走査される。走査の各点で試料からの荷電粒子線を荷電粒子線検出手段で検出することによってパターンの欠陥が検査される。この時、位置計測手段は、試料が載置された試料台の位置を計測し、その位置計測手段の計測結果に基づいて第1の制御手段により荷電粒子線走査手段が制御される。

【0011】このように、試料に形成されたパターンの欠陥検査を行う場合は、1本の荷電粒子線を用いて検査していた従来例と比べると、複数の荷電粒子線を使って試料上の複数の照射点で同時に欠陥検査しながら走査させているため、検査時間が大幅に短縮されて、スループットを向上させることができる。また、位置計測手段では、試料が載置されている試料台の位置を計測し、その計測結果を荷電粒子線走査手段を制御する第1の制御手段にフィードバックするようにしたため、試料位置に応じて荷電粒子線の走査位置が調整されて、試料が振動等によって位置ずれしたとしても、常に荷電粒子線を正しい照射位置に照射することが可能となり、精度の高い欠陥検査を行うことができる。

【0012】ここで、荷電粒子線を照射した試料の各照射点から発生する荷電粒子線を直接荷電粒子線検出手段で捉えるようにしても良いが、請求項2に記載の発明の如く、試料(24)の荷電粒子線の各照射点(28)から発生した荷電粒子線(SB)を個別に収束させる複数の開口部(34A, 34B, 34C)が形成された荷電粒子線収束手段(34)をさらに備えるようにしても良い。この荷電粒子線収束手段は、形成された複数の開口部によって試料の各照射点から発生する荷電粒子線を個別に収束させることにより、各照射点毎の荷電粒子線を正確かつ同時に捉えることができるため、高精度で高速な欠陥検査を行うことができる。

【0013】また、試料の各照射点から発生した荷電粒子線は、荷電粒子線収束手段で個別に収束させて荷電粒子線検出手段でそのまま捉えてもよく、また、荷電粒子線収束手段と荷電粒子線検出手段との間に、荷電粒子線収束手段で収束された荷電粒子線に対応した荷電粒子線検出手段に導くための複数の開口部が形成された開口部

材を配置しても良い。このような開口部材を配置した場合は、試料が振動すると、試料から発生する荷電粒子線の発生点と、荷電粒子線収束手段の開口部との間に相対的な位置変動を生じるため、収束された荷電粒子線が開口部材の開口部を外れて荷電粒子線検出手段で検出できなくなるおそれがある。

【0014】そこで、請求項3に記載の発明では、請求項2に記載の欠陥検査装置において、前記荷電粒子線収束手段(34)と前記荷電粒子線検出手段(42A, 42B, 42C)との間に、前記荷電粒子線収束手段(34)の各開口部(34A, 34B, 34C)で収束された荷電粒子線(SB)毎に前記荷電粒子線検出手段(42A, 42B, 42C)に導く複数の開口部(40A, 40B, 40C)が形成された開口部材(40)をさらに備え、前記開口部材(40)の開口部(40A, 40B, 40C)の口径は、前記試料(24)から発生した荷電粒子線(SB)が前記荷電粒子線収束手段(34)により収束されて入射される線幅と、該荷電粒子線の振れ範囲とを考慮して荷電粒子線の通過可能な径とされている。このようにすれば、開口部材を設けた場合の各開口部の口径が、試料の予測可能な最大振動時に開口部で発生する荷電粒子線の振れ範囲と、荷電粒子線の線幅とに基づいて、荷電粒子線が通過可能な径とされていることから、欠陥検査中に試料が振動しても、荷電粒子線を荷電粒子線検出手段により確実に検出することができ、高精度な欠陥検査を行うことが可能になる。

【0015】また、試料が振動すると、試料から発生する荷電粒子線の発生点と、荷電粒子線収束手段の開口部との間に相対的な位置変動が生じて、収束された荷電粒子線の光路が変わってしまうため、開口部材が配置されていない場合はもちろん、開口部材が配置されていても予想を越える振動があると荷電粒子線検出手段で検出できなくなるおそれがある。

【0016】そこで、請求項4に記載の発明では、請求項2又は3に記載の欠陥検査装置において、荷電粒子線収束手段(34)と荷電粒子線検出手段(42A, 42B, 42C)との間に設けられ、荷電粒子線収束手段(34)によって収束された各荷電粒子線を偏向させる偏向手段(36, 38)と、位置計測手段(50)の計測結果に基づいて荷電粒子線検出手段(42A, 42B, 42C)の所定位置に荷電粒子線が入射されるように偏向手段(36, 38)を制御する第2の制御手段(54)とをさらに備えている。このようにすれば、試料が振動している最中に欠陥検査を行ったとしても、位置計測手段で計測した試料の計測位置に応じて荷電粒子線収束手段で収束された荷電粒子線を偏向手段で偏向させることにより、荷電粒子線検出手段に正しく入射させることができ、高精度な欠陥検査を行うことが可能になる。

【0017】また、請求項5に記載の発明は、請求項1

ないし 4 のいずれか一項に記載の欠陥検査装置において、前記試料台 (26) を一方向に連続移動させるとともに、これとほぼ直交する他方向に対してステップ移動させる移動手段 (56) をさらに備え、前記移動手段 (56) により前記試料台 (26) を移動させながら前記荷電粒子線 (MB) を前記試料 (24) に照射して前記パターンの欠陥を検査することを特徴とする。

【0018】これによれば、移動手段により試料台を連続的に移動させながら複数の荷電粒子線を試料に照射することができることから、請求項 1~4 よりもさらに高速かつ高精度に欠陥検査装置を行うことが可能になる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図 1 ないし図 3 に基づいて説明する。

【0020】図 1 には、本実施形態に係る欠陥検査装置 10 の概略構成が示されている。この欠陥検査装置 10 は、ウェハ (以下、「試料」と称する) 上に形成される半導体素子の微細な回路パターンの欠陥を電子線を用いて検査する欠陥検査装置である。

【0021】この欠陥検査装置 10 は、電子銃 12、コンデンサレンズ 14、マスク 16 (電子銃 12 とコンデンサレンズ 14 とマスク 16 とで荷電粒子線形成手段が構成されている)、荷電粒子線走査手段としての偏向器 18、荷電粒子線光学系としての電磁レンズ 20、22、試料 24、試料台 26、荷電粒子線収束手段としてのマルチレンズ 34、偏向手段としての偏向器 36、38、開口部材としてのマルチ開口板 40、荷電粒子線検出手段としての検出器 42A、42B、42C、信号処理回路 44、比較回路 46、記憶部 48、位置計測手段としての位置検出部 50、第 1 の制御手段としての 1 次電子偏向器制御部 52、第 2 の制御手段としての 2 次電子偏向器制御部 54、移動手段としての試料台駆動機構 56、試料台駆動機構制御部 58 等を備えている。

【0022】電子銃 12 は、欠陥検査用のプローブを形成する電子線を放出する荷電粒子線源であって、赤熱したフィラメント等から電場によって熱電子が取り出される。ここでは、荷電粒子線源として電子銃 12 を用いているが、電子線以外に陽子やイオンなどの荷電粒子線を使って欠陥検査を行う場合は、その荷電粒子線に応じた荷電粒子線源が使われる。例えば、イオンにより欠陥検査を行う場合は、気体の放電によって原子や分子をイオン化し、それを適当な電磁場により取り出すイオン源が荷電粒子線源となる。

【0023】コンデンサレンズ 14 は、電子銃 12 から放射状に放出された電子線をレンズの光軸 AX にはほぼ平行な電子ビーム PB に変えるレンズである。

【0024】マスク 16 は、ここではドーピングされた導電性を有するシリコン板に複数の孔 16A が形成されていて、コンデンサレンズ 14 でほぼ平行にされた電子ビーム PB が照射されると、それぞれの孔 16A を電子

ビームが通過して複数の電子ビーム MB を形成する。例えば、本実施形態では、マスク 16 に $1\mu\text{m}$ 角の孔 16A が $1000\mu\text{m}$ (1mm) ピッチで図 1 に示される Y 軸 (紙面の斜め方向に延びる軸) 方向に 6 行、その Y 軸と直交する X 軸 (紙面左右方向に延びる軸) 方向に 3 列設けられ、合計 18 個の孔 16A がマトリクス状に形成されている。なお、複数の荷電粒子線を形成する荷電粒子線形成手段は、上述した電子銃 12 とコンデンサレンズ 14 とマスク 16 とで構成されている。

【0025】偏向器 18 は、上述したマスク 16 の試料 24 側寄りに、電子ビーム MB の光路の周囲を囲うようにして配置されている。マスク 16 で形成された複数の電子ビーム MB は、この偏向器 18 によって同時偏向されて、試料 24 上の欠陥検査領域内をラスタ走査される。また、本実施形態の偏向器 18 では、電子ビーム MB を走査させる他、電子ビーム MB が照射される試料上の照射位置をずらすように偏向させる。これは、振動等によって試料位置がずれた場合に、その位置ずれに応じて電子ビーム MB の照射位置をずらす必要があるからである。なお、ここでは、偏向器 18 を 1 段で構成しているが、光軸 AX 方向に 2 段、あるいはそれ以上の段数の偏向器を配した多段構成とし、電磁レンズ 20 への電子ビーム MB の入射角を変化させないようにしても良い。

【0026】電磁レンズ 20、22 は、マスク 18 で形成された複数の電子ビーム MB を一定の縮小率 β (ここでは、 $1/10$) で縮小した後、欠陥検査対象である試料 24 に結像させる。この 2 つの電磁レンズ 20、22 は、図 1 では明確に図示していないが、複数の電子ビーム MB が交差する光軸の点であるクロスオーバー CO 位置を中心として、相似形になるように設計されている。すなわち、電磁レンズ 20 と電磁レンズ 22 とは、アンペアターン (AT : 電流 \times コイル巻数) が等しく、発生する磁場の向きが互いに逆方向となるように光軸 AX 方向に配置され、2 つの電磁レンズが相似形をしている、いわゆる対称磁気タレット型と称されるレンズ群で構成されている。なお、複数の荷電粒子線を試料 24 上に導く荷電粒子線光学系は、この電磁レンズ 20、22 で構成されている。

【0027】試料 24 は、試料台 26 上に載置され、ここでは欠陥検査を行う回路パターンが形成されたウェハであり、フォトマスクやレチクルなどの欠陥を検査する場合は、これらが試料となる。

【0028】試料台 26 は、欠陥検査の対象となる試料を載置するステージであって、図 1 に示される X 軸 (紙面左右方向に延びる軸) とこれと直交する Y 軸 (紙面の斜め方向に延びる軸) とが含まれる 2 次元平面内で移動可能とされ、試料台駆動機構 56 によって駆動される。また、この試料台 26 の側面の X 軸方向と Y 軸方向には、試料台 26 の位置をレーザ干渉計等によって高精度に計測するため、真直度の高い移動鏡 30、32 がそれ

それ延在形成されている。

【0029】マルチレンズ34は、アルミニウムや銅などの非磁性金属板から成り、試料24から放出される2次電子SBの捕捉可能な位置に設けられている。例えば、図1では、マルチレンズ34を構成する非磁性金属板が試料24に照射される電子ビームMBの照射点28付近に配置されるとともに、この非磁性金属板には各照射点28に対応する位置に、試料24から放出される2次電子SBを収束する所定の口径から成る複数のレンズアパーチャ34A、34B、34Cが形成されている。なお、図1では説明を分かり易くするため、試料24、試料台26及び試料台駆動機構56等については斜視図で描いてあり、その他のレンズや検出器等の光学系は断面図で描いてある。このため、図1のマルチレンズ34には、3個のレンズアパーチャ34A、34B、34Cしか図示されていないが、実際に照射される電子ビームMBの本数（ここでは、18本）に応じた数のレンズアパーチャが形成されている。本実施形態中の説明では、この3個のレンズアパーチャを例にあげて説明することにする。また、マルチレンズ34には、不図示の電位制御部から所定の収束電位が印加されているため、レンズアパーチャ34A、34B、34Cの各部分に不図示の等ポテンシャル面が形成され、ここでは凸レンズとして作用する。これにより、複数の電子ビームMBが試料30上の各照射点28に照射されると、各照射点28から2次電子SBが放出され、その2次電子SBが対応する各レンズアパーチャ34A、34B、34Cを通過する際に凸レンズ作用によって個別に収束され、後述する検出器42A、42B、42Cに入射される。

【0030】偏向器36、38は、マルチレンズ34の各レンズアパーチャ34A、34B、34Cで収束された2次電子SBを個々に偏向させて、各検出器42A、42B、42Cに入射される2次電子SBの入射位置を調整可能にするものである。ここでは、偏向器36と38は、2次電子SBの光路に沿って互いに直交する位置に配置されている（例えば、偏向器36を水平方向に配置したとすると、偏向器38は垂直方向に配置されている）。このため、マルチレンズ34で収束された2次電子SBは、それぞれの偏向器36、38において偏向方向（例えば、上下方向や左右方向）と偏向量（偏向方向にどの程度偏向させるか）を調整することにより、偏向器36と38による合成方向（ベクトル方向）に偏向させることができる。従って、マルチレンズ34で収束された2次電子SBが検出器42A、42B、42Cに対して如何なる方向にずれたとしても、偏向器36、38で入射位置を自由に調整して、適正位置に入射させることができる。

【0031】マルチ開口板40は、マルチレンズ34と後述する検出器42A、42B、42Cとの間に配置された非磁性金属板であって、その非磁性金属板には所定

の口径から成る複数の開口40A、40B、40Cが形成されている。このマルチ開口板40の開口40A、40B、40Cは、試料24上の2次電子SBの各放出位置（照射点28）に対応するマルチレンズ34のレンズアパーチャ34A、34B、34Cと検出器42A、42B、42Cとをそれぞれ結ぶ各光路上に形成されている。このマルチ開口板40には、不図示の電位制御部から一定の収束電位が印加されることにより、開口40A、40B、40Cの各部分に図示しない等ポテンシャル面が形成され、ここでは凸レンズとして作用する。このため、例えば、マルチレンズ34のレンズアパーチャ34Aを通過して収束された2次電子は、開口40Aで再度収束されて、検出器42Aに入射される。また、他の開口36B、36Cについても同様である。

【0032】本実施形態におけるマルチ開口板40の開口40A、40B、40Cの口径は、2次電子SBをマルチレンズ34で収束させてビーム化した場合に、試料24の予測可能な最大振動時においてマルチ開口板40を通過する際のビーム幅とビームの振れ範囲とを考慮することにより、2次電子SBの通過可能な径が決められる。このように、マルチ開口板40の各開口の口径が決められているため、欠陥検査中に試料24が振動して2次電子SBが振られたとしても、マルチ開口板40の各開口40A、40B、40Cの口径内に収めることができ、各照射点28から発生した2次電子SBに対応するマルチ開口板40の各開口を確実に通過させて検出器42A、42B、42Cで確実に捉えることができる。なお、図1のマルチ開口板40は、断面図であるため、上述したレンズアパーチャと同様に、マルチ開口板40の開口40A、40B、40Cも3個しか図示されていないが、実際には電子ビームMBの本数（18本）に応じた数の開口がそれぞれ対応する位置に形成されている。本実施形態中の説明では、上述した3個の開口を例にあげて説明することにする。

【0033】検出器42A、42B、42Cは、例えば試料24に形成された回路パターンに複数の電子ビームMBが照射され、試料24の各照射点から発生した2次電子がこれに入射されると、入射した電子線量に応じた検出信号を発生する電子増倍管などで構成されている。また、図1に示される検出器42A、42B、42Cは、断面図であることから、上述のマルチレンズ34のレンズアパーチャやマルチ開口板40の開口と同様に3個しか図示されていないが、実際には電子ビームMBの本数（18本）に応じた数の検出器がそれぞれに対応した位置に配置されている。本実施形態中の説明では、上述した3個の検出器を例にあげて説明することにする。

【0034】信号処理回路44は、検出器42A、42B、42C等から出力される2次電子の検出信号を設計値通りのパターンの参照データと比較するためのデジタル信号に変換する回路である。

【0035】比較回路46は、デジタル信号に変換された2次電子の検出信号と設計値通りのパターンの参照データと比較することによって、欠陥の有無及び欠陥の位置を検出するものである。

【0036】記憶部48は、欠陥の無い設計値通りに形成されたパターンを検査した場合に得られる参照データを予め記憶している。

【0037】位置検出部50は、試料台26の水平面内におけるX、Y座標位置を計測するもので、ここでは試料台26の側面のX軸、Y軸方向に延在形成された移動鏡30、32に対向する外部位置にそれぞれ不図示のレーザ干渉計が設けられ、それらのレーザ干渉計から移動鏡30、32にレーザ光を照射してX軸方向とY軸方向の距離を測定することにより、試料台26の位置をリアルタイムで高精度（例えば、0.01 μ m単位）に計測することができる。

【0038】1次電子偏向器制御部52は、試料台26の座標位置を計測する位置検出部50で検出した位置情報に基づいて、マルチビームMBを同時偏向させる偏向器18の偏向量と偏向方向とを制御するものである。これは、試料24が振動するなどして本来の検査位置からずれた場合であっても、その試料のずれ量に応じてマルチビームMB側を偏向させることにより、試料24の欠陥検査位置（照射点28）に正しく照射することが可能となり、正確な欠陥検査を行うようにしたものである。

【0039】2次電子偏向器制御部54は、試料台26の座標位置を計測する位置検出部50で検出した位置情報に基づき、試料24から放出されてマルチレンズ34の各レンズアパーチャ34A、34B、34Cで収束される2次電子SBを偏向させる偏向器36、38の偏向量及び偏向方向を制御するものである。例えば、マルチビームMBの照射位置を変えない場合は、たとえ試料24の位置が振動などでずれたとしても、2次電子SBの発生する位置が変わらないため、マルチレンズ34で収束された2次電子SBの光路が変わらず、検出器42A、42B、42Cへの入射位置も変化しない。ところが、上述したように、試料24が振動などで本来の検査位置からずれた場合は、試料のずれ量に応じて1次電子偏向器制御部52でマルチビームMBを偏向させて照射することにより、試料24の欠陥検査位置（照射点28）に正しく照射するようにしたため、2次電子SBの発生位置（照射点28）とマルチレンズ34の相対位置がずれてしまい、マルチレンズ34で収束された2次電子SBの光路が変わって、検出器42A、42B、42Cに対する入射位置が変化する。このため、本実施形態の2次電子偏向器制御部54では、試料24の位置ずれ分だけ1次電子偏向器制御部52によってマルチビームMBを偏向させると、2次電子SBの発生位置（照射点28）もその分（すなわち、試料24の位置ずれ分）ずれたのと等価になることから、マルチレンズ34で収束

された2次電子SBの光路のずれを試料24の位置ずれに基づいて偏向器36、38で修正することにより、各検出器42A、42B、42Cに正しく入射させることが可能となり、正確な欠陥検査を行うことができる。

【0040】試料台駆動機構56は、試料を載置した試料台26をX、Yの2次元平面内で移動させるための駆動機構であって、例えば、試料台26のX軸、Y軸方向にはそれぞれボールねじが設けられ、このボールねじを回転させることによって試料台26をX軸あるいはY軸方向に所定距離移動させたり、リニアモータ等を使って試料台26を駆動させたりするものなどがある。

【0041】試料台駆動機構制御部58は、試料台駆動機構56を制御して、試料台26を所望の方向に駆動させるものである。

【0042】例えば、本実施形態において、図2に示されるような複数の電子ビームMBを使う場合は、試料24上の各欠陥検査領域R毎に複数の電子ビームMB11～MB36を偏向器18で同時偏向させ、1つの欠陥検査領域Rのラスタ走査が終了すると次の欠陥検査領域Rが来るように試料台26を領域R分だけ順次ステップ移動するように駆動制御させる。

【0043】この他、図3に示されるように、複数の電子ビームを試料24上に照射した状態で（図3のMBの照射位置）、試料台26（試料24も一体駆動）を一方向（白抜き矢印D方向）に連続移動させつつ、これとはほぼ直交する他方向（白抜き矢印E方向）に順次ステップ移動するように駆動制御させて、連続的な欠陥検査を行うようにしてもよい。

【0044】次に、上述のようにして構成された欠陥検査装置10の動作について説明する。

【0045】まず、オペレータは、欠陥検査すべき試料（回路パターンが形成されたウエハ）24をX、Yの2次元平面方向に移動可能な試料台26上に載置した後、欠陥検査の動作を開始する。

【0046】図1に示されるように、電子銃12から放射状に放出された電子線は、コンデンサレンズ14によって光軸にはほぼ平行な電子ビームPBとされ、複数の孔16Aが形成されたマスク16に照射される。マスク16に照射された平行な電子ビームPBは、孔16A（18個の孔）を通過することによって18本の電子ビームMB（以下、「マルチビームMB」と称する）が形成される。

【0047】このマルチビームMBは、偏向器18によって偏向させることにより、マルチビームMBを試料24上でラスタ走査させたり、その照射位置を微妙にずらすことができる。

【0048】このマスク16で形成されるマルチビームMBは、1 μ m角のビーム幅を持ち、1000 μ m（1mm）ピッチで（6行×3列）のマトリックス状に配列されている。そして、このマルチビームMBは、対称磁

気タブレット型の電磁レンズ20、22を通過する際に1/10に縮小されて、欠陥検査対象である試料24上の回路パターンに結像される。

【0049】マルチビームMBが試料24上の回路パターンに照射されると、試料24の各照射点28から2次電子SBが放出される。各照射点28から放出される2次電子SBは、試料24上に形成されたパターンの状態（例えば、パターンの有無やパターンの厚み等）に応じて2次電子SBの放出量が異なってくる。このため、図1に示されるように、試料24上の一照射点28から放出された2次電子SBは、例えば、マルチレンズ34のレンズアパーチャ34Aのレンズ作用によって収束され、マルチ開口板40の開口40Aを通過して分別されて、検出器42Aで検出される。また、これと同様に、他の照射点から放出された2次電子SBは、レンズアパーチャ34B→開口40B→検出器42Bという経路を経て検出され、さらに、その他の照射点から放出された2次電子SBは、レンズアパーチャ34C→開口40C→検出器42Cという経路を経て、個別に検出される。

【0050】また、マルチレンズ34とマルチ開口板40との間に設けられた偏向器36、38は、位置検出部50で検出された試料台26の位置情報に基づいて2次電子偏向器制御部54で制御することにより、マルチレンズ34で収束された2次電子SBを偏向させて、検出器38A、38B、38Cの検出位置に確実に入射させることができる。

【0051】このように、各照射点28から放出された2次電子SBは、各照射点28に対応する検出器38A、38B、38Cで検出されると、その検出信号が信号処理回路44で検出位置に対応させて信号処理が行われる。この信号処理がなされた検出信号は、比較回路46で記憶部48に記憶されている設計値通りのパターンに関する参照データと比較することによって、欠陥検査対象である回路パターンの欠陥の有無や欠陥位置等を高精度に検出することができる。

【0052】以上説明した本実施形態の欠陥検査装置10によると、欠陥検査を行うプローブとしてマルチビームMBが使用されている。図2は、電磁レンズ20、22側から試料24を見た図であり、この図2では試料24面上に結像された18本のマルチビームMB11～MB36の照射パターンが示されている。ここでは電磁レンズ20、22の縮小率が1/10であるため、試料24上に結像されるマルチビームMB11～MB36のビーム幅が0.1μm角となり、ビーム間ピッチが100μmとなる。そして、偏向器18の偏向量を試料24上でX、Y方向にそれぞれ100μmとすると、試料24上において300.1μm×600.1μm角の領域Rがラスタ走査される。この領域R内のラスタ走査が終了すると、試料台26の駆動機構により試料台がXまたはY方向に所定距離移動され（試料台に載置された試料2

4も一体駆動される）、再度上記と同様のラスタ走査が行われる。このように、領域R内のラスタ走査を試料24を順次移動させながら繰り返し行うことにより、試料24上の所定領域の欠陥検査が終了する。

【0053】上述したように、本実施形態の欠陥検査装置10では、プローブとして18本のマルチビームMB11～MB36を同時に使用し、これらをラスタ走査させながら欠陥検査を行うため、従来のように1本の電子ビームを走査させて検査する場合と比べると走査時間が大幅に短縮されるため、欠陥検査のスループットを向上させることができる。

【0054】また、本実施形態では、マスク16で形成されたマルチビームMBを試料24上に照射する際に、1次電子偏向器制御部52が位置検出部50によって検出された試料台26の位置情報に基づいて試料24のずれ量とずれ方向とを演算し、この演算結果に応じて偏向器18のマルチビームMBの偏向量と偏向方向とを変化させるように制御している。具体的には、マルチビームMBを偏向させる位置とマルチビームMBが照射される位置とではビームが1/10に縮小されるため、試料24のずれ量に対してマルチビームMBの偏向量を10倍にする必要があるとともに、試料24のずれ方向に対してクロスオーバーCO位置を中心として対称方向に偏向させる必要がある。このように、試料24が振動等によって位置がずれても、1次電子偏向器制御部52によってマルチビームMBの照射点を試料24の位置ずれ分だけずらすことにより、試料24上の照射点に正しく照射することが可能となり、高精度な欠陥検査を行うことができる。

【0055】さらに、試料24上の各照射点28にマルチビームMBが照射されると、各照射点28から2次電子SBが放出され、マルチレンズ34のレンズアパーチャ34A、34B、34Cでそれぞれ収束されて、マルチ開口板40の開口40A、40B、40Cを通過し、各検出器42A、42B、42Cで検出される。この時、試料24が振動等によって位置がずれると、上述したように、1次電子偏向器制御部52により試料24の位置ずれ分だけマルチビームMBの照射位置をずらすことで正しい照射点に照射することができるが、2次電子SBの放出位置もずれるため、マルチレンズ34の各レンズアパーチャ34A、34B、34Cで収束されて検出器42A、42B、42Cに入射する際の2次電子SBの入射位置がずれてしまう。このため、本実施形態では、2次電子偏向器制御部54が位置検出部50によって検出された試料台の位置情報に基づいて試料24のずれ量とずれ方向とを演算し、この演算結果に応じてマルチレンズ34で収束された2次電子SBの光路を偏向器36、38によって修正することにより、それぞれの検出器42A、42B、42Cの検出位置に正しく2次電子SBを入射させることができる。このように、試料2

4が振動等によって位置ずれしたとしても、マルチレンズ34で収束された2次電子SBを2次電子偏向器制御部54で偏向器36、38を偏向制御することにより、各照射点28に対応した2次電子SBを個々の検出器42A、42B、42Cの検出位置に正しく入射させることができるため、高精度な欠陥検査を行うことが可能となる。

【0056】また、上述のように欠陥検査中に試料台26が振動したとしても、1次電子偏向器制御部52と偏向器18、あるいは2次電子偏向器制御部54と偏向器36、38とを用いることによって欠陥検査を精度良く行えるようになったため、超高精度ステージを用いる必要がなくなり、低コスト化することができる。

【0057】また、マルチ開口板40の開口40A、40B、40C等の口径は、試料24から2次電子SBが発生する際に、試料24が予測可能な最大振動時に発生した2次電子SBをマルチレンズ34で収束させてビーム化し、マルチ開口板40に入射させる際のビーム幅とビームの振れ範囲とを考慮して、各2次電子SBのビームが通過可能な充分な径とすることによって、試料24がある程度振動しても確実な欠陥検査を行うことができる上、さらに2次電子偏向器制御部54と偏向器36、38とを併用すれば、予測を越える大ききで試料24が振動したとしても高精度な欠陥検査を行うことができる。

【0058】また、本実施形態では、上述したようにマルチビームMBを偏向器18でラスタ走査させながら欠陥検査する他、マルチビームMBを走査させながら、あるいは固定した状態で試料台26側を試料台駆動機構56を用いて試料台駆動機構制御部58を駆動制御しながら、連続的に欠陥検査を行うようにしても良い。例えば、図3に示されるように、図2に示される複数の電子ビームのうち、例えば、1列分のマルチビームMB11～MB16を使って試料24上に照射し（図3のMBで示す照射位置）、この状態でマルチビームMBを図3に示す紙面の上下方向に100μmずつ走査しながら試料台26（これに固定された試料24も一体駆動される）を一方向（白抜き矢印D方向）に連続移動させる。そして、図3に示される欠陥検査領域Kの端までマルチビームMBが来ると、試料台26を図3の紙面の上方方向に600.1μmずらすことにより、マルチビームMBが白抜き矢印E方向にずれ、次のラインも同様にマルチビームMBを図3の紙面の上下方向に100μmずつ走査しながら白抜き矢印D方向（図3の紙面右方向）に連続移動させる。このように、マルチビームMBを走査しながら、試料台26側を試料台駆動機構56を用いて試料台駆動機構制御部58により、一方向に連続移動させつつ、これとほぼ直交する他方向にステップ移動（試料台26側を駆動制御して、マルチビームMBを図3の矢印MLのように移動）させ、試料24の欠陥検査領域K内

を欠陥検査するようにしても良い。本実施形態の欠陥検査装置10では、試料台26を連続的に移動させながら欠陥検査する際に、移動中の試料台26の振動が伝わって試料24が振動しても、上述のように高精度かつ高スループットで欠陥検査することが可能である。

【0059】また、本実施形態の電磁レンズ20、22は、クロスオーバーCO位置を中心として、アンペアターン（AT：電流×コイル巻数）が互いに等しく、発生する磁場の向きが互いに逆方向となるように配置された相似形の2つの電磁レンズから成る対称磁気タブレット型レンズを採用しているため、一方の電磁レンズで発生した収差が他方の電磁レンズで打ち消されて低収差となり、ビームを細く収束できることから、欠陥検査の分解能が向上して、高精密な欠陥検査を行うことが可能となる。

【0060】また、本実施形態では、欠陥検査を行う試料24上の検査領域にマルチビームMBを照射し、各照射点から放出される2次電子を各照射点に対応したマルチレンズ34のレンズアパーチャ34A、34B、34Cと、マルチ開口板40の開口40A、40B、40Cとによって確実に分別され、各照射点に対応した検出器42A、42B、42C等によって検出されるため、マルチビームMBを偏向器18で同時偏向させながら試料24上をラスタ走査させて欠陥検査を行う場合であっても、各照射点から連続的に発生する2次電子をリアルタイムで確実に検出することが可能となる。

【0061】なお、上記実施形態の説明では、荷電粒子線として電子線を用いて説明したが、これに限定されるものではなく、イオンあるいは陽子等の荷電粒子線を用いて欠陥検査装置を構成することも可能である。

【0062】さらに、上記実施形態の説明では、（6行×3列）の18個の孔16Aが形成されたマスク16に電子線を照射し、孔16Aを通過した18本のビームをマルチビームMBとして用いているが、必ずしもこれに限定されるものではなく、ビーム本数やビームの大きさあるいはその配列について任意に選択することができる。また、マルチビームMBの形成方法についても、電子線をマスクで分岐させる方法に限定されるものではなく、複数の電子線源を用いて個々にビームを形成するようにしてもよい。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1～5に記載の発明によれば、試料上に形成されたパターンの欠陥を高速かつ高精度に検査することができるという従来にはない優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る欠陥検査装置の構成を概略的に示す説明図である。

【図2】試料上に照射されたマルチビームの照射パターン例を示す図である。

15

16

【図3】 試料台を移動させて欠陥検査する場合のマルチビームMBの走査方向を示す図である。

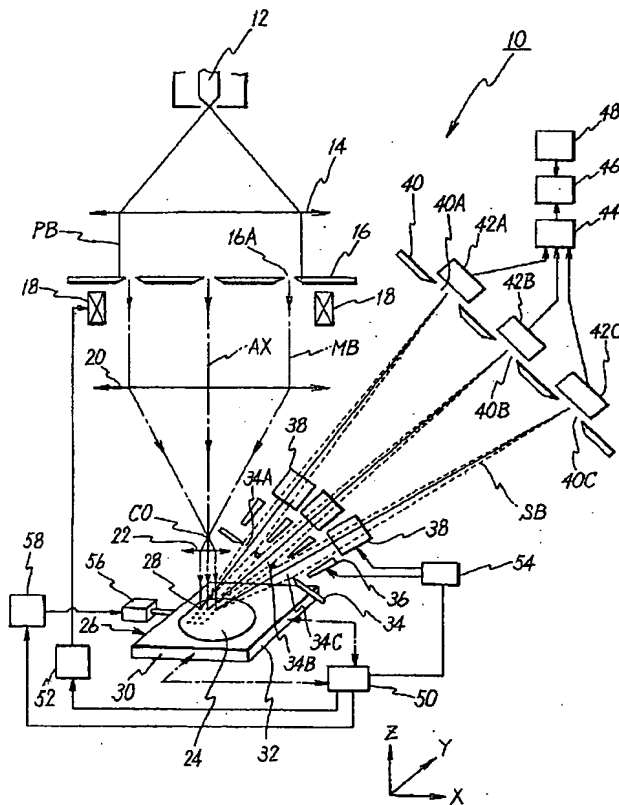
【符号の説明】

- 10 欠陥検査装置
- 12 電子銃
- 14 コンデンサレンズ
- 16 マスク
- 18 偏向器
- 20, 22 電磁レンズ
- 24 試料
- 26 試料台
- 28 照射点
- 34 マルチレンズ

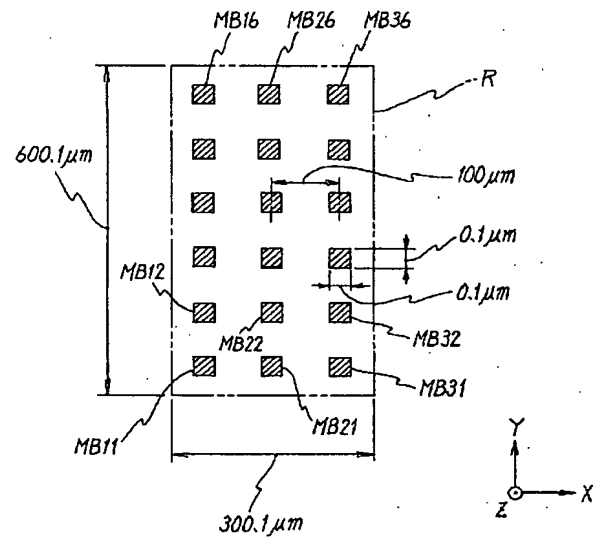
- * 34A, 34B, 34C レンズアパーチャ
- 36, 38 偏向器
- 40 マルチ開口板
- 40A, 40B, 40C 開口
- 42A, 42B, 42C 検出器
- 50 位置検出部
- 52 1次電子偏向器制御部
- 54 2次電子偏向器制御部
- 56 試料台駆動機構
- 58 試料台駆動機構制御部
- MB マルチビーム（電子ビーム）
- SB 2次電子

*

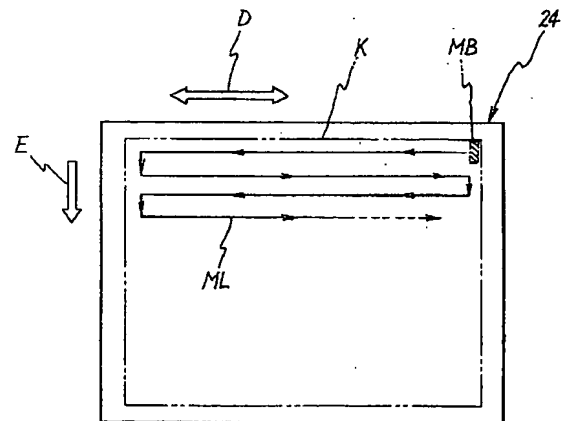
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

// G 0 1 N 21/88

識別記号

弁内整理番号

F I

G 0 1 N 21/88

技術表示箇所

E